La navicula de Venetiis

Yvon Massé

Le principe de la navicula de Venetiis est une invention ingénieuse et peu connue. Yvon Massé en a fait plusieurs présentations lors des réunions de notre commission. Il en fait une rapide description et donne les liens donnant accès à ses diaporamas.

La navicula de Venetiis, quant à son cadran universel d'heure égale, a souvent été présentée comme une adaptation approximative, voire fantaisiste, au regard du cadran de Regiomontanus qui, lui, présente une solution rigoureuse et mainte fois démontrée de l'équation de hauteur. C'était sans faire la distinction entre deux familles de naviculas représentées par les 6 exemplaires qui sont actuellement conservés dans les musées.

Oxford

Greenwich

Genève

Florence

Milan

Cambridge

La famille la plus ancienne date des alentours de 1400. Elle est de facture exclusivement anglaise et composée des naviculas conservées aux musées d'Oxford, Florence, Greenwich et Genève. Elle est associée à un ensemble de manuscrits de la même époque qui décrivent la fabrication et l'utilisation de ces instruments. Un de ces manuscrits, en anglais vulgaire, à été reproduit en 1960 dans un article de D. de Solla Price[1].

La seconde famille, constituée de 2 exemplaires (musées de Milan et Cambridge), est plus tardive. Elle est associée à O. Fine (1494-1555) qui fabriqua la navicula de Milan et donna sa propre vision de cet instrument dans ses ouvrages largement diffusés par l'imprimerie. La comparaison entre les manuscrits et les écrits d'O. Fine montre à l'évidence que, bien que les instruments des deux familles soient similaires, la géométrie finale en est

[1] de SOLLA PRICE, Derek J. : The Little Ship of Venice, a Middle English Instrument Tract. Journal of the History of Medicine and Allied Sciences XV(4), pp. 399-407. 1960

assez différente et c'est, je pense, une des principales raisons de la confusion générale et, au bilan, du mauvais jugement porté fréquemment sur l'ensemble des naviculas.

Ce n'est qu'en 1989, quand il analysa mathématiquement la reproduction de Solla Price, que J. Kragten[2] redécouvrit la précision, plus qu'acceptable, que pouvait fournir les naviculas de la première famille ainsi que l'ingéniosité insoupçonnée mise en œuvre pour obtenir un compromis des plus subtils. Son analyse, basée uniquement sur la trigonométrie plane, ne pouvait toutefois donner qu'une vague idée sur la motivation des choix effectués par l'inventeur de la navicula.

Aussi, à l'occasion de notre rencontre du printemps 2011 à Rouen, j'ai entrepris de fournir une explication purement géométrique du principe de la navicula en partant du cadran de Regiomontanus aux caractéristiques mieux connues. La géométrie a toujours été pour moi beaucoup plus explicite qu'un alignement de formules algébriques que l'on manipule avec des règles relevant de l'automatisme. Si dans ce dernier cas on parvient effectivement à expliquer la justesse d'un principe, on peut rester insatisfait de ne pas « sentir » les mécanismes sous-jacents, ce qu'apporte en partie l'utilisation de la géométrie. Finalement, en constatant que la présentation type « PowerPoint » utilisée pour la réunion se prêtait parfaitement au dessein que je m'étais fixé, j'ai préféré commenter directement les diapositives de cette présentation plutôt que d'accéder à la demande de notre président, M. Sauvageot, qui m'invitait à reprendre cette matière afin d'en faire un article pour Cadran-Info.

Cette présentation est fournie dans la version numérique de ce Cadran-Info ainsi qu'une ancienne version de la visionneuse gratuite de MicroSoft (ppview97.exe : 2,8 Mo) pour que les lecteurs ne disposant que d'un vieil ordinateur et n'ayant pas PowerPoint puissent la consulter. La dernière version de cette visionneuse est téléchargeable ici : http://www.microsoft.com/fr-fr/download/confirmation.aspx?id=6

Diaporamas mis à disposition

Présentation réunions CCS	⇨💻 **Dans la version numérique, vous trouverez en annexe dans le répertoire :** "Navicula Y. Massé"	À télécharger
Mai 2011 à Rouen	° "pres_nav_txt.ppt"* ° "ppview97.exe**"	http://yvon.masse.perso.sfr.fr/gnomon/pres_nav_txt.ppt http://yvon.masse.perso.sfr.fr/divers/ppview97.exe
Mai 2013 à Genève	° "Masse Y_La navicula de Genève.pdf" et .pptx*	http://yvon.masse.perso.sfr.fr/divers/la_navicula_de_geneve.pdf

* Il est important de regarder la présentation en "mode diaporama" car certaines diapos se décomposent en plusieurs étapes pour faciliter la compréhension.

** Les visionneuses PowerPoint de MicroSoft sont gratuites. Il n'y a donc pas de problème de licence.

[2] KRAGTEN, Jan : The Little Ship of Venice. Eindhoven. 1989

Pour une analyse mathématique de la seconde famille de navicula, on peut se reporter à l'article de Mme Archinard[3]. Quant à la première famille, l'analyse de la diapositive n° 22 de "pres_nav_txt.ppt" permet de déterminer la formule donnant l'angle α_m du mât en fonction de la déclinaison d du Soleil. Soient ε l'obliquité de l'écliptique (actuellement 23°26') et ρ le rayon d'un des cercles violets, nous pouvons écrire :

$$\rho.\cos\varepsilon.\tan d = \rho.\sin\alpha_m \qquad (1)$$

d'où :

$$\alpha_m = \mathrm{Arcsin}(\cos\varepsilon.\tan d)$$

Pour obtenir une formule simple de l'angle α_f en sorte qu'il soit légèrement supérieur à d pour les déclinaisons intermédiaires, on peut envisager de remplacer dans la formule (1) d par α_f et α_m par d. On obtient alors :

$$\rho.\cos\varepsilon.\tan\alpha_f = \rho.\sin d$$

d'où :

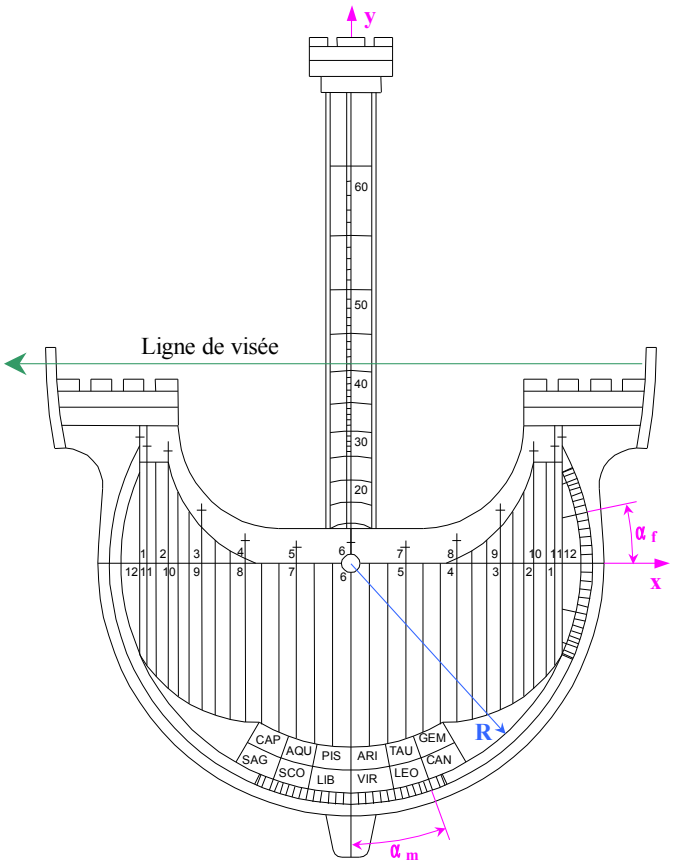
$$\alpha_f = \mathrm{Arctan}(\sin d/\cos\varepsilon)$$

Rappelons que si φ est la latitude, la graduation du mât s'obtient par :

$$y = R.\tan\varphi$$

Enfin, en désignant l'angle horaire par H, la position des lignes horaires est donnée par :

$$x = R.\cos\varepsilon.\cos H$$



Terminons par le mode d'emploi spécifique à cette famille :

° Régler le point de suspension du fil le long du mât à la latitude du lieu.

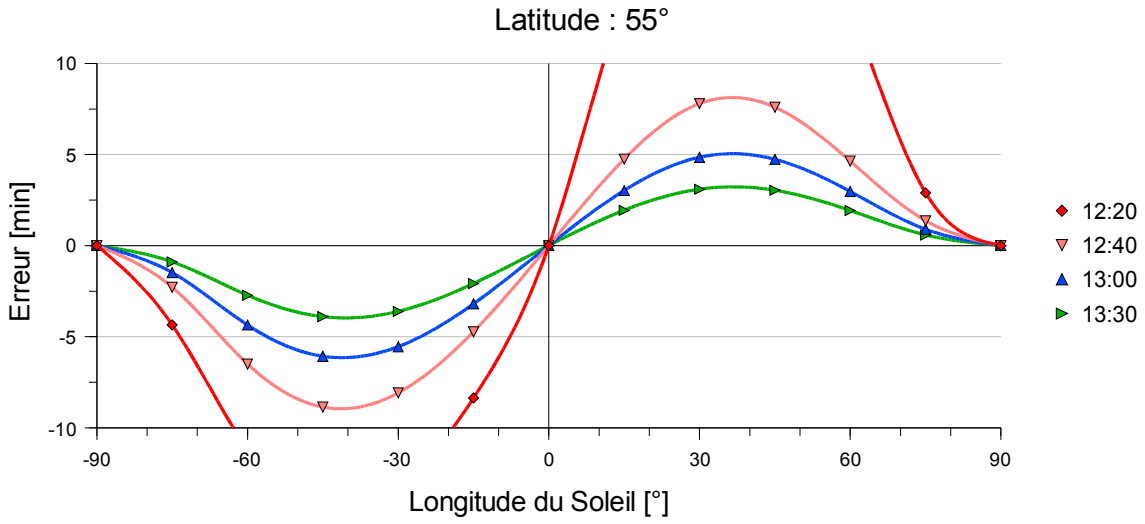
° Incliner le mât en fonction de la date d'observation avec l'échelle inférieure

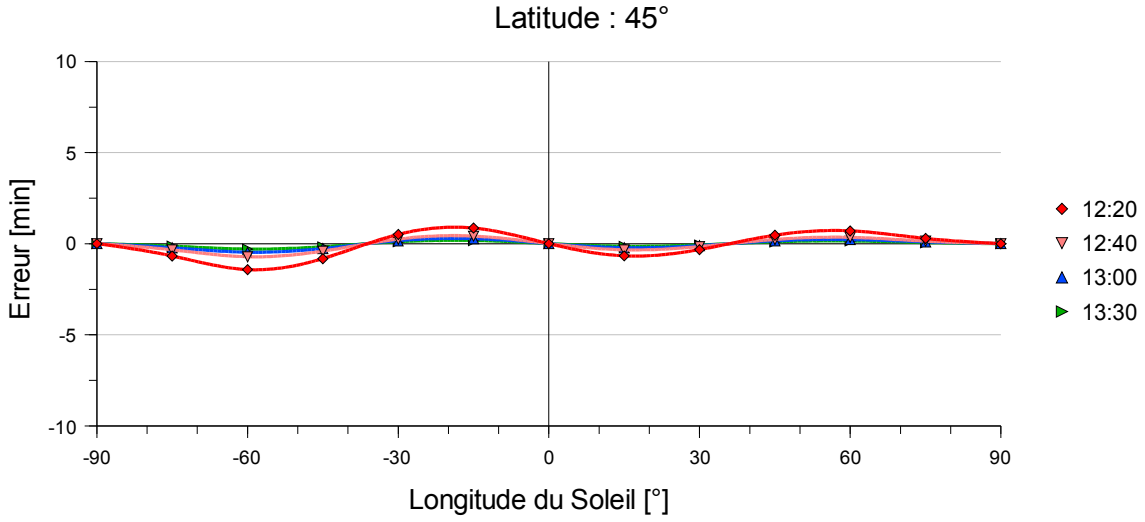
° Tirer le fil en le faisant passer sur l'échelle latérale à la date de l'observation et régler la perle sur la ligne de 12 h

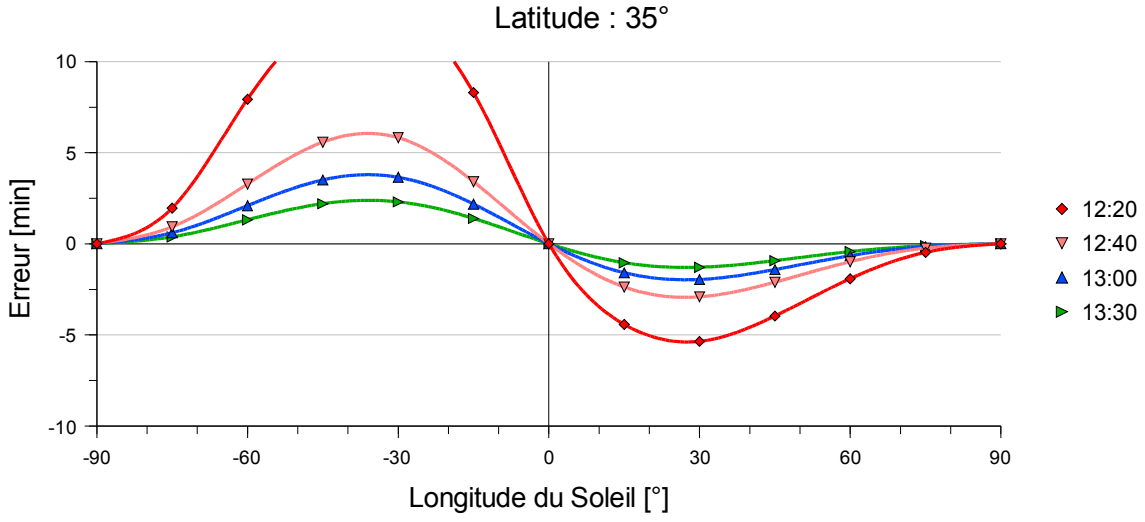
° Orienter la ligne de visée dans la direction du Soleil, l'heure vraie est alors donnée par la position de la perle sur le réseau de ligne horaire

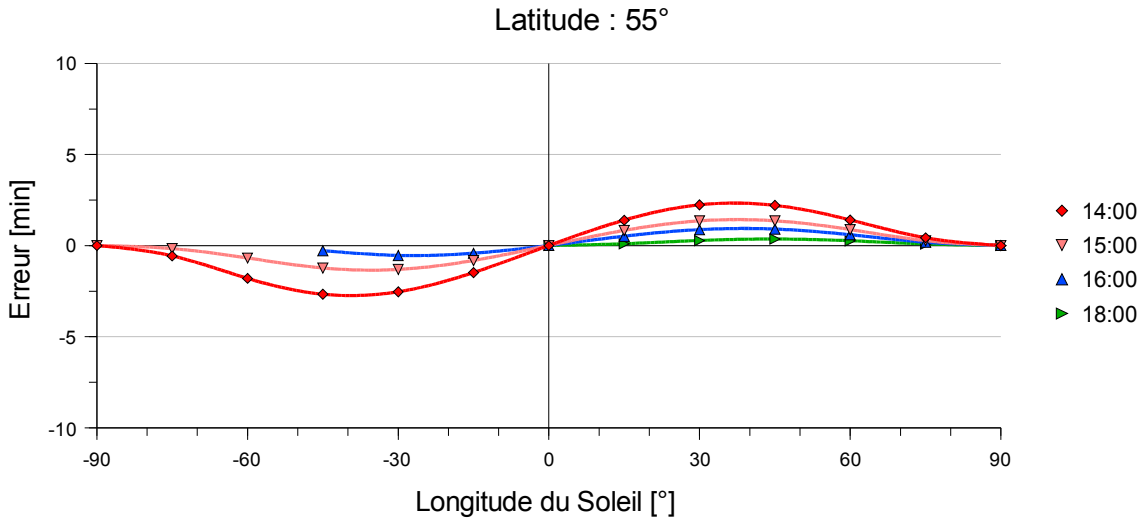
En utilisant le formulaire ci-dessus, qui ne correspond pas rigoureusement aux procédures graphiques du Moyen-âge mais qui en donne des valeurs très proches, on obtient les courbes d'erreur qui suivent et qui sont similaires à celles obtenues dans la présentation. En abscisse, la longitude du Soleil de –90° à 90° correspond pratiquement à une échelle de temps allant du 22 décembre au 21 juin, la valeur 0° correspond aux équinoxes.

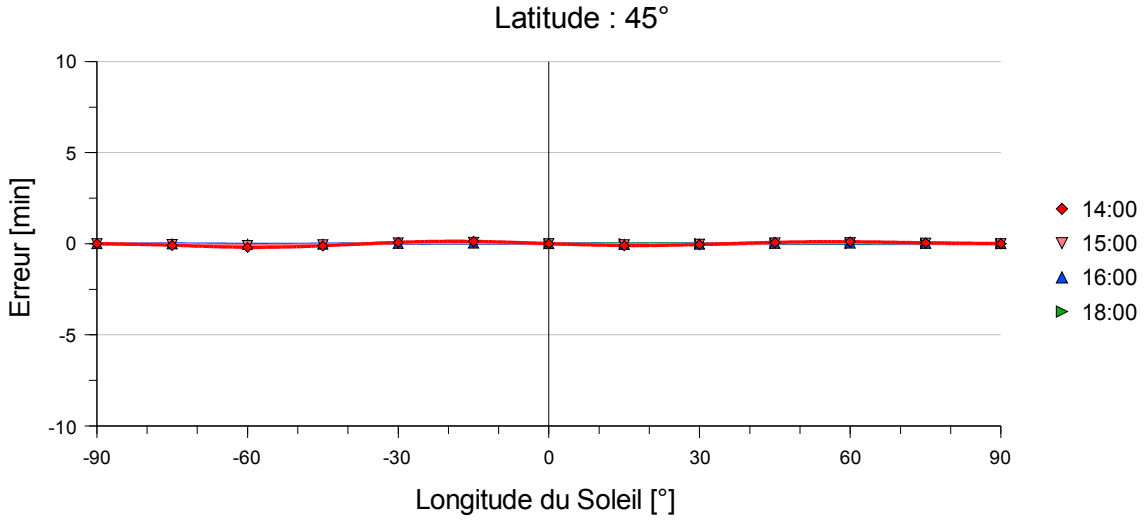
[3] ARCHINARD Margarida: Navicula de Venetiis - une acquisition prestigieuse du Musée d'histoire des sciences, Geneva N.S. t. XLIII. 1995

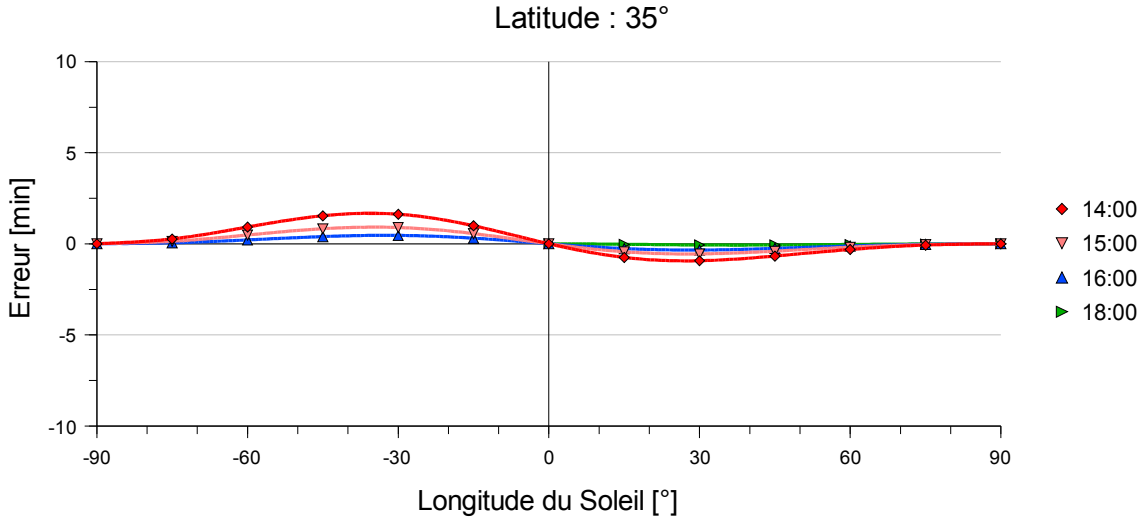

Latitude : 55°
Erreur [min]
10
5
0
-5
-10
-90
-60
-30
0
30
60
90
Longitude du Soleil [°]
12:20
12:40
13:00
13:30


Latitude : 45°
Erreur [min]
10
5
0
-5
-10
-90
-60
-30
0
30
60
90
Longitude du Soleil [°]
12:20
12:40
13:00
13:30


Latitude : 35°
Erreur [min]
10
5
0
-5
-10
-90
-60
-30
0
30
60
90
Longitude du Soleil [°]
12:20
12:40
13:00
13:30

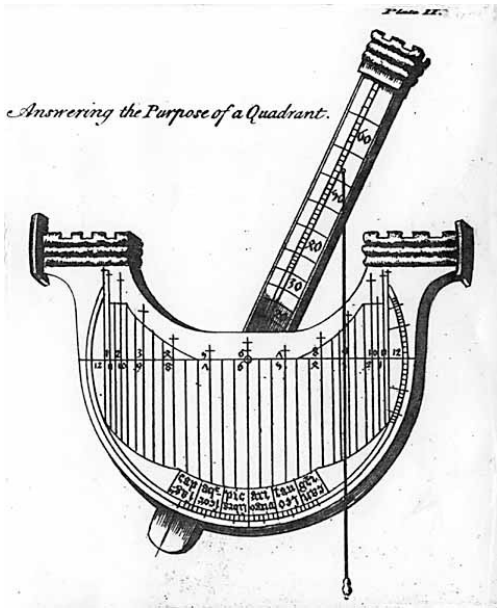

Latitude : 55°
Erreur [min]
10
5
0
-5
-10
-90
-60
-30
0
30
60
90
Longitude du Soleil [°]
14:00
15:00
16:00
18:00


Latitude : 45°
Erreur [min]
10
5
0
-5
-10
-90
-60
-30
0
30
60
90
Longitude du Soleil [°]
14:00
15:00
16:00
18:00


Latitude : 35°
Erreur [min]
10
5
0
-5
-10
-90
-60
-30
0
30
60
90
Longitude du Soleil [°]
14:00
15:00
16:00
18:00

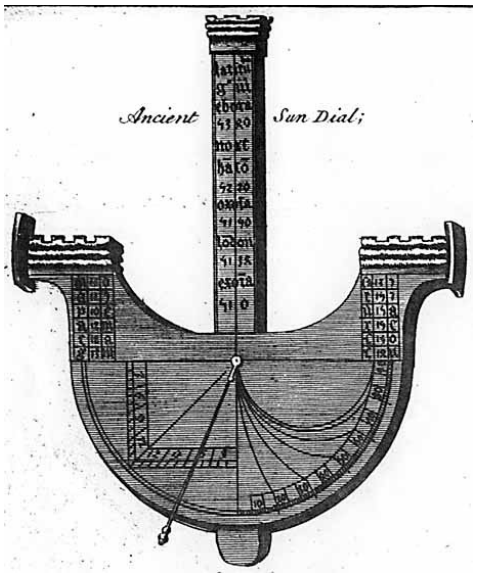
Résumés des diaporamas (extraits des CR mai 2011 et mai 2013)

Rouen 2011 : la navicula de Venetiis



La navicula de Venetiis est un cadran médiéval de hauteur dont on a conservé quelques rares exemplaires. Portable, elle est prévue pour fonctionner sous toutes les latitudes. Un consensus semble se dégager pour situer les plus anciens exemplaires au début du XV^e^ siècle. La navicula peut indiquer soit les heures inégales à l'aide d'un quadrant ancien soit les heures équinoxiales par un dispositif similaire au cadran de Regiomontanus mais qui résulte d'un compromis particulièrement ingénieux associé à un mode d'utilisation spécifique. Ce principe, consigné dans les manuscrits et redécouvert il y a environ 20 ans, donne une précision remarquable (hors période 11h-1h TV), à peine quelques minutes.

La confection complexe de la navicula et son utilisation particulièrement délicate ont certainement contribué à l'oubli, dès le début du XVI^e^ siècle, de ce savoir-faire et de son mode d'utilisation propre au profit d'approximations simplistes calquées sur le cadran de Regiomontanus dont le principe fut alors largement diffusé par l'imprimerie. La navicula du musée d'histoire des sciences de Genève, acquise en 1993, semble porter les séquelles de cette incompréhension. En effet, une analyse géométrique montre une erreur commune avec les naviculas d'Oxford et de Greenwich. Ceci porte à croire qu'elles ont été fabriquées dans le même atelier. De ce fait, les particularités de la navicula de Genève (zodiaque latéral doublé sur la ligne de midi, axe de rotation du mât déplacé et éventuellement surcharge de la latitude 20 en 10) peuvent s'expliquer par une modification tardive afin de se conformer à la géométrie admise à partir du XVI^e^ siècle.



Genève 2013 : les particularités de la navicula de Genève

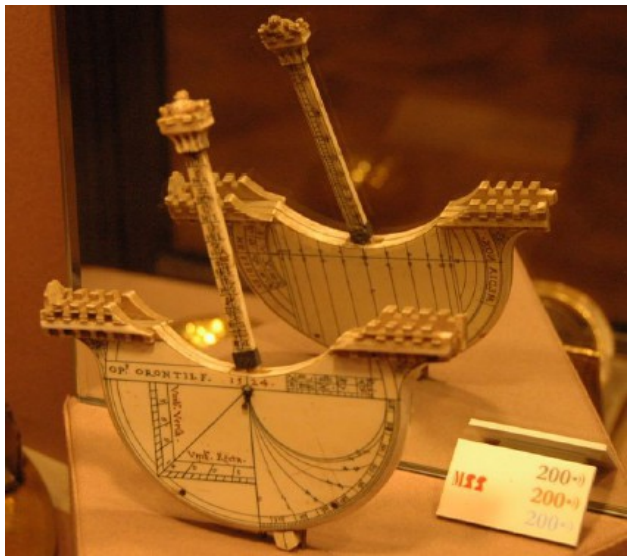
La navicula de Venetiis est un cadran médiéval de hauteur dont nous est parvenu 6 exemplaires. Ils sont conservés dans les musées d'Oxford, Milan, Florence, Cambridge, Greenwich et ici même, le musée qui nous accueille. Les naviculas ont toutes, sur une face, un carré des ombres et un cadran ancien à l'image des astrolabes. Sur l'autre face se trouve un cadran universel à heure égale faisant penser au cadran de Regiomontanus bien que différent dans les détails.

Exceptées les naviculas de Milan et Cambridge respectivement datées de 1524 et 1620 (donc de la Renaissance), un consensus se dégage pour situer les 4 autres au début du XV^{e} siècle, voire fin du XIV^{e}. Curieusement, la navicula de Genève présente deux particularités qui la distinguent des trois autres de son époque :

° graduation du mât aussi courte que celle des naviculas de la Renaissance,

° échelle zodiacale supplémentaire sur la ligne de midi.

Dans Protomathesis (1532) et De Solaribus Horologiis (1560), O. Fine, qui a aussi signé la navicula de Milan, propose une géométrie très simple de la navicula qui conduit à une échelle du mât « courte ». Il propose aussi un mode d'utilisation dont la précision finale est assez mauvaise. Une amélioration de cette précision aux équinoxes se trouve dans le Recueil d'horlogiographie de Bullant (1561) où l'échelle zodiacale latérale est tracée sur la ligne de midi.



La navicula du musée de Milan

À l'évidence, O. Fine et Bullant ne connaissaient pas les manuscrits médiévaux contemporains à la fabrication des naviculas du Moyen-âge décrivant précisément sa géométrie ainsi que son utilisation. On peut s'émerveiller de l'ingéniosité des concepteurs pour optimiser la précision et la rendre plus qu'acceptable notamment au moyen :

° d'une échelle du mât « longue »,

° d'échelles zodiacales différentes entre elles et différentes des simples angles de déclinaison,

° d'un réglage spécifique de la perle qui indique l'heure.

La navicula de Florence répond en tous points à ces manuscrits. Les 3 autres naviculas du Moyen-âge présentent toutefois un écart qui porte à croire qu'elles ont été fabriquées dans le même atelier : l'échelle zodiacale latérale est graduée suivant la géométrie de l'échelle inférieure alors qu'elle devrait avoir une géométrie propre. Quant à l'échelle du mât de la navicula de Genève, l'écartement des graduations correspond à une échelle « longue » et doit son mât « court » au déplacement de l'axe de rotation.

À la lumière de ces faits on peut imaginer une chronologie probable qui conduit aux particularités de la navicula de Genève. Dans un premier temps elle a été fabriquée à l'image des naviculas de son époque, notamment avec une échelle de mât « longue ». Bien plus tard, à la Renaissance ou une époque postérieure, son possesseur a pu noter les différences entre son instrument et les conceptions diffusées par Fine et Bullant. Pour s'en approcher, il a alors modifié sa navicula en déplaçant l'axe de rotation du mât et en rajoutant les graduations sur la ligne de midi.